



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 59 797 A1 2004.07.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 59 797.9  
(22) Anmeldetag: 19.12.2002  
(43) Offenlegungstag: 15.07.2004

(51) Int Cl.: F02D 41/22  
F02D 41/38

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

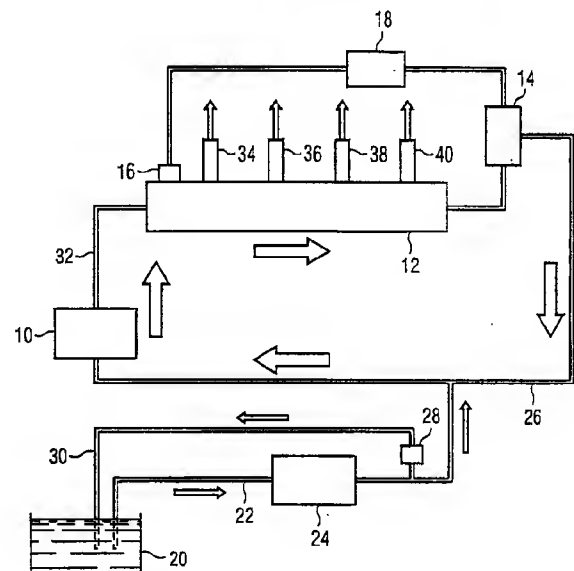
(72) Erfinder:  
Eser, Gerhard, 93155 Hemau, DE; Widmann,  
Frank, 93049 Regensburg, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem**

(57) Zusammenfassung: Im Hinblick auf ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einem Kraftstoffspeicher (12), einer kontinuierlich arbeitenden Hochdruckpumpe (10) und einem Kraftstoffdruckregelventil (14) wird auf der Grundlage der vorliegenden Erfindung eine Fehlererkennung möglich. Indem der hochfrequente Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs im Kraftstoffspeicher (12) ausgewertet wird, kann angegeben werden, welche der Komponenten mit großer Wahrscheinlichkeit defekt sind, wobei dies insbesondere durch weitere Auswertungen innerhalb eines Diagnoseverfahrens unterstützt wird.



## Beschreibung

## Aufgabenstellung

[0001] Vorrichtung und Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem mindestens eine Hochdruckpumpe, mindestens einen Kraftstoffspeicher, mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil und mindestens einen Drucksensor zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher herrschenden Drucks umfasst.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem mindestens eine Hochdruckpumpe, mindestens einen Kraftstoffspeicher, mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil und mindestens einen Drucksensor zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher herrschenden Drucks umfasst.

[0003] Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem sowie eine Diagnoseeinrichtung mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem.

[0004] Kraftstoffeinspritzsysteme, die im Rahmen der vorliegenden Offenbarung behandelt werden, dienen der Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff in die Zylinder einer Brennkraftmaschine.

[0005] Ein solches Kraftstoffeinspritzsystem kann mit einem Kraftstoffspeicher ausgerüstet sein, der durch eine Hochdruckpumpe mit Kraftstoff befüllt wird und dabei auf ein für die Hochdruckeinspritzung erforderliches Druckniveau gebracht wird. Die Hochdruckpumpe selbst wird durch eine Niederdruckkraftstoffpumpe mit Kraftstoff versorgt, der von der Niederdruckkraftstoffpumpe aus einem Kraftstofftank entnommen wird. Zur Steuerung beziehungsweise Regelung des Kraftstoffeinspritzsystems können unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden. Beispielsweise kennt man mechanische Regler im Niederdruckbereich als auch Regelventile im Hochdruckbereich.

[0006] Letztere sind insbesondere im Zusammenhang mit kontinuierlich fördernden Hochdruckkraftstoffpumpen von Bedeutung, die den Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher (das "Rail") fördern. Derartige Kraftstoffdruckregelventile lassen sich über eine elektrisch festlegbare Magnetkraft einstellen.

[0007] Insgesamt hat man es also mit komplexen Systemen zu tun, bei denen verschiedenste Defekte auftreten können. Dass ein Defekt vorliegt, kann insbesondere an einem erniedrigten Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher festgestellt werden – die genaue Lokalisierung der Fehlerursache gelingt allein auf der Grundlage dieses erkannten zu geringen Druckes aber nicht.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Vorrichtungen und Verfahren des Standes der Technik in der Weise weiterzubilden, dass die geschilderten Probleme gelöst werden, wobei insbesondere unter vermindertem Aufwand eine Fehlerquelle lokalisiert werden soll.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0011] Die Erfindung baut auf der gattungsgemäßen Vorrichtung dadurch auf, dass das Vorliegen mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher erkennbar ist und dass ein hochfrequenter Anteil eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher kennzeichnenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle herangezogen werden kann. Der hochfrequente Anteil des zeitlichen Druckverlaufs im Kraftstoffspeicher ist mit der möglichen Fehlerquelle korreliert. Durch Herausfiltern dieses Anteils lässt sich daher mit großer Wahrscheinlichkeit die Fehlerquelle bestimmen, so dass im Falle eines Defekts bei der Reparatur des Kraftstoffeinspritzsystems die Komponenten gezielt getauscht beziehungsweise repariert werden können.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet sein, dass das erste Signal tiefpassgefiltert werden kann, so dass ein tiefpassgefiltertes zweites Signal erzeugt werden kann, dass ein drittes Signal als absolute Differenz zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal erzeugt werden kann und dass das dritte Signal mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen werden kann, wobei in Abhängigkeit des Vergleichs die Fehlerquelle eingegrenzt werden kann. Zunächst wird also der zeitliche Druckverlauf tiefpassgefiltert. Indem zwischen diesem tiefpassgefilterten Signal und dem ursprünglichen Signal die Differenz und deren Absolutwert gebildet wird, erhält man ein weiteres drittes Signal, dessen Amplitude eine absolute Aussagekraft hat, so dass diese mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen werden kann.

[0013] Insbesondere ist es vorteilhaft, dass auf eine Fehlfunktion der mindestens einen Hochdruckpumpe geschlossen werden kann, wenn das dritte Signal im Wesentlichen, insbesondere bei hoher Last, oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt. Da bei einem Defekt der Hochdruckpumpe, insbesondere bei hoher Last, im Allgemeinen starke hochfrequente Anteile im zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher vorliegen, ist es bei geeignet vorgegebenem Schwellenwert möglich, auf einen Hochdruckpumpendefekt zu schließen, falls dieser Schwellenwert durch das dritte Signal überschritten wird.

[0014] Andererseits ist die Erfindung dadurch be-

sonders nützlich, dass auf eine Fehlfunktion des mindestens einen Kraftstoffdruckregelventils geschlossen werden kann, wenn das dritte Signal im Wesentlichen unterhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt. Der Druckverlust im Rail hat bei hochfrequenten Anteilen mit niedriger Amplitude mit großer Wahrscheinlichkeit seine Ursache in einer anderen Komponente im Hochdruckkreis, das heißt höchstwahrscheinlich in einem defekten Kraftstoffdruckregelventil.

[0015] Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es besonders von Vorteil, dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelte Druck auf der Grundlage eines von einer im Abgasstrom eines der Kraftstoffeinspritzpumpe zugeordneten Verbrennungsmotors angeordneten Lambdasonde gemessenen Wertes auf Plausibilität bewertet werden kann und dass bei nicht vorliegender Plausibilität auf einen Defekt des mindestens einen Drucksensors geschlossen werden kann. Sobald also der Kraftstoffdrucksensor einen zu geringen Druck beziehungsweise den im Niederdruckbereich des Kraftstoffeinspritzsystems vorliegenden Druck im Kraftstoffspeicher erfasst, wird zunächst durch eine Querplausibilisierung unter Hinzuziehung der von der Lambdasonde gelieferten Informationen geprüft, ob der Kraftstoffdrucksensor einen Defekt aufweist. Dies hat den Hintergrund, dass ein starker Druckabfall im Kraftstoffspeicher unmittelbaren Einfluss auf die Gemischbildung und somit auf die von der Lambdasonde ermittelten Abgaswerte hat. Bei Abgaswerten innerhalb vorgegebener Grenzen und dennoch gemeldetem Druckabfall im Rail liegt somit mit großer Wahrscheinlichkeit ein Defekt, insbesondere ein mechanischer Defekt, des Kraftstoffsensors vor.

[0016] Weiterhin kann nützlichweise vorgesehen sein, dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelte Druck mit einem Solldruck beziehungsweise einem tatsächlich vorliegenden Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage verglichen werden kann und dass bei Unterschreiten des Solldrucks beziehungsweise des tatsächlich vorliegenden Drucks in dem Niederdruckbereich durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelten Druck auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich beziehungsweise auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe geschlossen werden kann. Ist der Druck im Kraftstoffspeicher geringer als der zur selben Zeit vorliegende Druck im Niederdruckbereich, so liegt dies mit großer Wahrscheinlichkeit daran, dass der Antrieb der Hochdruckpumpe defekt ist. In diesem Fall wirkt nämlich die mit einer Membran ausgestattete Hochdruckpumpe als Drossel, so dass ausgangsseitig der Hochdruckpumpe ein geringerer Druck vorliegt als eingangsseitig. Ebenfalls empfiehlt sich aber auch ein Vergleich des im Kraftstoffspeicher ermittelten Drucks mit dem Solldruck im Niederdruckbereich. Insbesondere bei einem Druck im Kraftstoffspeicher, der wesentlich geringer ist als der Solldruck im Nie-

derdruckbereich, ist es wahrscheinlich, dass ein Defekt im Niederdruckbereich vorliegt.

[0017] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass mindestens eine dem Kraftstoffeinspritzsystem zugeordnete elektronische Steuereinheit vorgesehen ist, in der mindestens eine der vorgenannten Auswertungen erfolgen kann. Insbesondere können die verschiedenen Schwellenwertvergleiche sowie die Filterung und die Differenzbildung auf digitaler Basis in der elektronischen Steuereinheit des Kraftstoffeinspritzsystems erfolgen. Andererseits ist aber auch denkbar, dass Teile der Auswertung durch analoge Schaltungstechnik realisiert sind. Weiterhin können Teile der genannten Auswertungen in anderen Steuereinheiten eines Kraftfahrzeugs beziehungsweise einer sonstigen Vorrichtung vorgenommen werden, wobei zwischen diesen Komponenten und der Steuerung des Kraftstoffeinspritzsystems insbesondere eine Kommunikation über einen Datenbus möglich ist.

[0018] Nützlichweise ist die Vorrichtung so ausgelegt, dass sie eine Schnittstelle für den Einbau in einem Kraftfahrzeug aufweist. Die Fehlererkennung kann also im Kraftfahrzeug selbst erfolgen. Erkannte Fehler können in einem Fehlerspeicher gespeichert werden.

[0019] Zusätzlich oder alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass die Vorrichtung eine Schnittstelle für den Einbau in eine von dem Kraftfahrzeug getrennte Diagnoseeinrichtung aufweist. Die Vorrichtung ist also auch im Rahmen der Fahrzeugdiagnose in einer Werkstatt einsetzbar.

[0020] Die Erfindung baut weiterhin auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass das Verfahren die Schritte aufweist: Erkennen des Vorliegens mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher und Heranziehen des hochfrequenten Anteils eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher kennzeichnenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch im Rahmen eines Verfahrens umgesetzt. Dies gilt auch für die nachfolgend angegebenen besonders vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren kann in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet sein, dass das erste Signal tiefpassgefiltert wird, so dass ein tiefpassgefiltertes zweites Signal erzeugt wird, dass ein drittes Signal als absolute Differenz zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal erzeugt wird und dass das dritte Signal mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird, wobei in Abhängigkeit des Vergleichs die Fehlerquelle eingegrenzt wird.

[0022] Insbesondere ist es vorteilhaft, dass auf eine Fehlfunktion der mindestens einen Hochdruckpumpe

geschlossen wird, wenn das dritte Signal im Wesentlichen, insbesondere bei hoher Last, oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

[0023] Andererseits ist die Erfindung dadurch besonders nützlich, dass auf eine Fehlfunktion des mindestens einen Kraftstoffdruckregelventils geschlossen wird, wenn das dritte Signal im Wesentlichen unterhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

[0024] Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es besonders von Vorteil, dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelte Druck auf der Grundlage eines von einer im Abgasstrom eines der Kraftstoffeinspritzpumpe zugeordneten Verbrennungsmotors angeordneten Lambdasonde gemessenen Wertes auf Plausibilität bewertet wird und dass bei nicht vorliegender Plausibilität auf einen Defekt des mindestens einen Drucksensors geschlossen wird.

[0025] Weiterhin kann nützlicherweise vorgesehen sein, dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelte Druck mit einem Soll-Druck beziehungsweise mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage verglichen wird und dass bei Unterschreiten des Soll-Drucks beziehungsweise des tatsächlich vorliegenden Drucks durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelten Druck auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe beziehungsweise auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich geschlossen wird.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren ist in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass mindestens eine dem Kraftstoffeinspritzsystem zugeordnete elektronische Steuereinheit vorgesehen ist, in der mindestens eine der vorgenannten Auswertungen erfolgt.

[0027] Nützlicherweise ist das Verfahren so ausgelegt, dass der Vergleich des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelten Drucks mit dem Soll-Druck beziehungsweise dem tatsächlichen Druck in dem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage vor dem Heranziehen des hochfrequenten Anteils des ersten Signals erfolgt. Somit kann zunächst ermittelt beziehungsweise ausgeschlossen werden, dass der gemeldete Niederdruck im Hochdruckspeicher seine Ursache in einem defekten Hochdruckpumpenantrieb beziehungsweise einem defekten Niederdruckbereich hat. Erst dann ist es erforderlich, die weiteren Diagnoseschritte durchzuführen.

[0028] Zusätzlich oder alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass die Plausibilitätsbewertung zur Ermittlung der Funktionstüchtigkeit des Drucksensors vor dem Vergleich des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelten Drucks mit einem Soll-Druck beziehungsweise dem tatsächlichen Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage erfolgt. Somit kann zunächst ermittelt werden, ob ein Defekt im Niederdruckbereich beziehungsweise im Hinblick auf den Antrieb der Hochdruckpumpe besteht. Erst dann ist es erforderlich, die Auswertung

auf der Grundlage der hochfrequenten Anteile des Druckverlaufs im Kraftstoffspeicher vorzunehmen.

[0029] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0030] Die Erfindung betrifft auch eine Diagnoseeinrichtung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0031] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine weitgehende Diagnose eines Kraftstoffeinspritzsystems auf der Grundlage jederzeit verfügbarer Messwerte vorgenommen werden kann. Insbesondere kann zwischen einem mechanischen Defekt der Hochdruckpumpe und einem mechanischen Defekt des Kraftstoffdruckregelventils auf der Grundlage der hochfrequenten Anteile des Druckverlaufs im Kraftstoffspeicher geschlossen werden. Im Fehlerfall können also gezielt die defekten Komponenten ohne das Erfordernis weiterer Diagnoseschritte ausgetauscht beziehungsweise in Stand gesetzt werden.

[0032] Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0033] Es zeigen:

[0034] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems;

[0035] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung eines Kraftstoffdruckregelventils;

[0036] Fig. 3 zwei Diagramme zur Erläuterung der im Rahmen der Erfindung eingesetzten Filterung;

[0037] Fig. 4 ein Messdiagramm, das für einen Defekt des Kraftstoffdruckregelventils charakteristisch ist;

[0038] Fig. 5 ein Messdiagramm, das für einen Defekt der Hochdruckpumpe charakteristisch ist; und

[0039] Fig. 6 ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0040] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems. Aus einem Kraftstofftank 20 wird über eine Kraftstoffleitung 22 mittels einer Niederdruckpumpe 24 Kraftstoff gefördert. Die Niederdruckpumpe 24 versorgt einen Niederdruckkreis 26 mit Kraftstoff. Der Druck in diesem Niederdruckkreis 26 wird über eine mechanische Niederdruckregelvorrichtung 28 eingestellt, die in der Lage ist, Kraftstoff über eine Kraftstoffleitung 30 zum Kraftstofftank 20 zurückzuführen. Von der Niederdruckpumpe 24 gelangt der Kraftstoff über den Niederdruckkreis 26 mit einem Basisvordruck zu einer Hochdruckpumpe 10. Diese Hochdruckpumpe 10 fördert den Kraftstoff in einen Hochdruckkreis 32 und insbesondere in einen Kraftstoffspeicher 12. Der Kraftstoffspeicher 12 ist mit Injektoren beziehungsweise Einspritzventilen 34, 36, 38, 40 ausgestattet, die den Kraftstoff in den Zylinderinnenraum einbringen können. Da die Hochdruckpumpe 22 kontinuierlich arbeitet, muss anderweitig für eine gewünschte Druckeinstellung im Kraftstoffspeicher 12 gesorgt

werden. Dies geschieht durch ein Kraftstoffdruckregelventil 14, über das die Differenz zwischen dem von der Hochdruckpumpe 12 geförderten Kraftstoff und dem durch die Einspritzventile in die Zylinder eingebrachten Kraftstoff in den Niederdruckkreis 26 abfließt. Das im Zusammenhang mit Fig. 2 genauer beschriebene Kraftstoffdruckregelventil 14 wird von einer elektronischen Steuerung 18 angesteuert, die (neben anderen) als Eingangswert ein von einem am Kraftstoffspeicher 12 angeordneten Drucksensor 16 ermittelten Wert erhält. Somit kann eine Regelung des Einspritzdrucks erfolgen, indem das Kraftstoffdruckregelventil 14 je nach Ansteuerung durch die elektronische Steuerung 18 mehr oder weniger Kraftstoff in den Niederdruckkreis 26 abfließen lässt.

[0041] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Kraftstoffdruckregelventils. Das Kraftstoffdruckregelventil 14 umfasst eine (nicht dargestellte) Magnetspule, die eine Kraft auf einen Anker 42 ausübt. Der Anker 42 ist fest mit einem Ventilstößel 44 verbunden, der je nach Stellung des Ankers 42 eine Durchflussöffnung 46 zum Niederdruckkreis 26 mehr oder weniger freigibt. In Abhängigkeit des Stromflusses durch die Magnetspule wird sich somit aufgrund der Magnetkraft und der ihr entgegengesetzt gerichteten Kraft des aus dem Hochdruckkreis 32 einströmenden Kraftstoffes auf den Ventilstößel 44 eine vom Stromfluss durch die Magnetspule abhängige Gleichgewichtslage einstellen. Vorzugsweise wird die Magnetkraft durch eine pulsweitenmodulierte Spannung erzeugt, so dass das Basistastverhältnis der Spulenspannung die Grundlage für die Einstellung des Drucks im Kraftstoffspeicher 12 darstellt. Dabei wird insbesondere eine lineare Kennlinie zwischen hydraulischer Kraft und magnetischer Kraft realisiert.

[0042] Fig. 3 zeigt zwei Diagramme zur Erläuterung der im Rahmen der Erfindung eingesetzten Filterung. Im oberen Diagramm ist der Kraftstoffdruck gegen die Zeit aufgetragen. Die Linie  $p_K$  symbolisiert den Druckverlauf im Kraftstoffspeicher. Die Linie  $p_{KF}$  symbolisiert einen tiefpassgefilterten Druckverlauf im Kraftstoffspeicher. Diese Tiefpassfilterung erfolgt vorzugsweise in der elektronischen Steuerung 18, kann aber auch auf andere bekannte Art und Weise vorgenommen werden. Zwischen den beiden Kurven  $p_K$  und  $p_{KF}$  wird die Differenz  $\Delta$  gebildet. Die Absolutbeträge dieser Differenz  $\Delta$  sind im unteren Diagramm in Fig. 3 nochmals dargestellt.

[0043] Durch diese Filterung und Differenzbildung erhält man somit einen Werteverlauf, der mit einer absolut gewählten Druckschwelle verglichen werden kann, so dass auf diese Weise der hochfrequente Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs als Kriterium für die Verhältnisse im Kraftstoffeinspritzsystem verwendet werden kann.

[0044] Fig. 4 zeigt ein Messdiagramm, das für einen Defekt des Kraftstoffdruckregelventils charakteristisch ist. Dass ein Defekt im Kraftstoffeinspritzsystem vorliegt, ist daran zu erkennen, dass der Kraftstoff-

druck  $p_K$  im Kraftstoffspeicher nur im Bereich von 7000 hPa liegt. Es herrscht somit Niederdruck im Rail. Allein aufgrund dieser Information wird aber noch kein Hinweis darauf gegeben, ob der Fehler im Bereich der Hochdruckpumpe oder im Bereich des Kraftstoffdruckregelventils liegt. Diesen Hinweis erhält man erst aufgrund der im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Auswertung. Durch die beschriebene hintereinandergeschaltete Tiefpassfilterung und Differenzbildung erhält man einen Signalverlauf  $\Delta$ , der den hochfrequenten Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs widerspiegelt. Im vorliegenden Beispiel gemäß Fig. 4 ist dieser hochfrequente Anteil  $\Delta$  sehr klein, das heißt, er liegt bei geeignet gewählter Schwelle unterhalb dieser Schwelle. Dies gilt sowohl bei hoher Drehzahl als auch niedriger Drehzahl, die als Kurvenverlauf N in das Diagramm in Fig. 4 eingezeichnet ist, da sich ein, insbesondere mechanischer, Defekt des Kraftstoffdruckregelventils im Wesentlichen lastunabhängig auswirkt.

[0045] Fig. 5 zeigt ein Messdiagramm, das für einen Defekt der Hochdruckpumpe charakteristisch ist. Der hier dargestellte Kraftstoffdruckverlauf  $p_K$  hat einen starken hochfrequenten Anteil. Durch das im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebene Filter- und Differenzbildungsverfahren wird hieraus der den hochfrequenten Anteil des Signals kennzeichnende Signalverlauf  $\Delta$  herausgefiltert. Bei geeignet gewählter Schwelle wird dieser Signalverlauf  $\Delta$  in weiten Teilen oberhalb dieser Schwelle liegen. Dies lässt auf eine defekte Hochdruckpumpe schließen, da insbesondere nach einem Reißen der Membran in der Hochdruckpumpe dem Kraftstoffdrucksignal erhebliche hochfrequente Schwingungen aufgeprägt werden. Weiterhin ist in dem Diagramm gemäß Fig. 5 zu erkennen, dass das Signal  $\Delta$  im Wesentlichen nur bei hoher Last oberhalb einer geeignet gewählten Schwelle liegt, so dass dies als weiteres Entscheidungskriterium bei der Fehlerfindung herangezogen werden kann.

[0046] Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Wird in Schritt S10 erkannt, dass im Kraftstoffspeicher ein verminderter Druck, das heißt ein Niederdruck vorliegt, wird zunächst in Schritt S12 eine Querplausibilisierung zwischen dem vom Drucksensor ermittelten Kraftstoffdruck und einem oder mehreren Lambdasondenwerten vorgenommen. Wird ermittelt, dass sich der verminderte Druckwert nicht in den von der Lambdasonde ermittelten Werten widerspiegelt, wird gemäß Schritt S14 darauf geschlossen, dass der Drucksensor defekt ist. Liegt jedoch ein plausibles Verhalten im Hinblick auf Drucksensor und Lambdasonde vor, so wird in Schritt S16 ermittelt, ob der Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher kleiner ist als der Druck im Niederdruckkreislauf. Ist dies der Fall, so wird auf einen Defekt im Pumpenantrieb der Hochdruckpumpe gemäß Schritt S18 geschlossen, da die nicht angetriebene Hochdruckpumpe als Drossel wirkt. Ebenfalls könnte man noch prüfen, ob der

Kraftstoffdruck im Rail niedriger ist als ein Solldruck im Niederdruckkreislauf und auf diese Weise gegebenenfalls auf einen Defekt im Niederdruckkreis schließen. Wird nicht ermittelt, dass der Antrieb der Hochdruckpumpe defekt ist, so wird in Schritt S20 das auf den hochfrequenten Anteil abstellende anhand von **Fig. 3** beschriebene und im Zusammenhang mit **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulichte Verfahren durchgeführt. Es wird also der Absolutwert aus der Differenz zwischen dem Kraftstoffdruck und dem tiefpassgefilterten Kraftstoffdruck mit einer Fehlerschwelle verglichen und das insbesondere bei erhöhter Last. Ist dieser ermittelte Absolutwert kleiner als die Fehlerschwelle, so liegt mit großer Wahrscheinlichkeit ein Defekt am Kraftstoffdruckregelventil gemäß Schritt S22 vor. Andernfalls, das heißt bei Überschreiten der Fehlerschwelle, liegt gemäß Schritt S24 ein Defekt an der Hochdruckpumpe vor.

[0047] Die Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Im Hinblick auf ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einem Kraftstoffspeicher **12**, einer kontinuierlich arbeitenden Hochdruckpumpe **10** und einem Kraftstoffdruckregelventil **14** wird auf der Grundlage der vorliegenden Erfindung eine Fehlererkennung möglich. Indem der hochfrequente Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs im Kraftstoffspeicher **12** ausgewertet wird, kann angegeben werden, welche der Komponenten mit großer Wahrscheinlichkeit defekt sind, wobei dies insbesondere durch weitere Auswertungen innerhalb eines Diagnoseverfahrens unterstützt wird.

[0048] Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem

- mindestens eine Hochdruckpumpe (**10**),
- mindestens einen Kraftstoffspeicher (**12**),
- mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil (**14**) und
- mindestens einen Drucksensor (**16**) zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (**12**) herrschenden Drucks umfasst,

**dadurch gekennzeichnet,**

- dass das Vorliegen mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher (**12**) erkennbar ist und
- dass ein hochfrequenter Anteil eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher (**12**) kennzeichnenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle herangezogen werden kann.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- dass das erste Signal tiefpassgefiltert werden kann, so dass ein tiefpassgefiltertes zweites Signal erzeugt werden kann,
- dass ein drittes Signal als absolute Differenz zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal erzeugt werden kann und
- dass das dritte Signal mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen werden kann, wobei in Abhängigkeit des Vergleichs die Fehlerquelle eingegrenzt werden kann.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Fehlfunktion der mindestens einen Hochdruckpumpe (**10**) geschlossen werden kann, wenn das dritte Signal im Wesentlichen, insbesondere bei hoher Last, oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Fehlfunktion des mindestens einen Kraftstoffdruckregelventils (**14**) geschlossen werden kann, wenn das dritte Signal im Wesentlichen unterhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (**12**) ermittelte Druck auf der Grundlage eines von einer im Abgasstrom eines der Kraftstoffeinspritzpumpe zugeordneten Verbrennungsmotors angeordneten Lambdasonde gemessenen Wertes auf Plausibilität bewertet werden kann und
- dass bei nicht vorliegender Plausibilität auf einen Defekt des mindestens einen Drucksensors (**16**) geschlossen werden kann.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (**12**) ermittelte Druck mit einem Solldruck beziehungsweise mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage verglichen werden kann und
- dass bei Unterschreiten des Solldrucks beziehungsweise des tatsächlich vorliegenden Drucks in dem Niederdruckbereich durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (**12**) ermittelten Druck auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich beziehungsweise auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe (**10**) geschlossen werden kann.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine dem Kraftstoffeinspritzsystem zugeordnete elektronische Steuereinheit vorgesehen ist, in der mindestens eine der vorgenannten Auswertungen erfolgen kann.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Schnittstelle für den Einbau in ein Kraftfahrzeug aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Schnittstelle für den Einbau in eine von dem Kraftfahrzeug getrennte Diagnoseeinrichtung aufweist.

10. Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem

- mindestens eine Hochdruckpumpe (10),
- mindestens einen Kraftstoffspeicher (12),
- mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil (14) und
- mindestens einen Drucksensor (16) zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) herrschenden Drucks umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die Schritte aufweist:
- Erkennen des Vorliegens mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher (12) und
- Heranziehen des hochfrequenten Anteils eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher (12) kennzeichnenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

- dass das erste Signal tiefpassgefiltert wird, so dass ein tiefpassgefiltertes zweites Signal erzeugt wird,
- dass ein drittes Signal als absolute Differenz zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal erzeugt wird und
- dass das dritte Signal mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird, wobei in Abhängigkeit des Vergleichs die Fehlerquelle eingegrenzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Fehlfunktion der mindestens einen Hochdruckpumpe (10) geschlossen wird, wenn das dritte Signal im Wesentlichen, insbesondere bei hoher Last, oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Fehlfunktion des mindestens einen Kraftstoffdruckregelventils (14) geschlossen wird, wenn das dritte Signal im Wesentlichen unterhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet,

- dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelte Druck auf der Grundlage eines von einer im Abgasstrom eines der Kraftstoffeinspritzpumpe zugeordneten Verbrennungsmotors angeordneten Lambdasonde gemessenen Wertes auf

Plausibilität bewertet wird und

- dass bei nicht vorliegender Plausibilität auf einen Defekt des mindestens einen Drucksensors (16) geschlossen wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet,

- dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelte Druck mit einem Solldruck beziehungsweise mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage verglichen wird und
- dass bei Unterschreiten des Solldrucks beziehungsweise des tatsächlich vorliegenden Drucks durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Druck auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe (10) beziehungsweise auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich geschlossen wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine dem Kraftstoffeinspritzsystem zugeordnete elektronische Steuereinheit vorgesehen ist, in der mindestens eine der vorgenannten Auswertungen erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Drucks mit dem Solldruck beziehungsweise dem tatsächlichen Druck in dem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage vor dem Heranziehen des hochfrequenten Anteils des ersten Signals erfolgt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Plausibilitätsbewertung zur Ermittlung der Funktionstüchtigkeit des Drucksensors (16) vor dem Vergleich des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Drucks mit einem Solldruck beziehungsweise dem tatsächlichen Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage erfolgt.

19. Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in dem Kraftstoffeinspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 18.

20. Diagnoseeinrichtung mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in dem Kraftstoffeinspritzsystem eines Kraftfahrzeugs, die von dem Kraftfahrzeug getrennt angeordnet ist, nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 18.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1

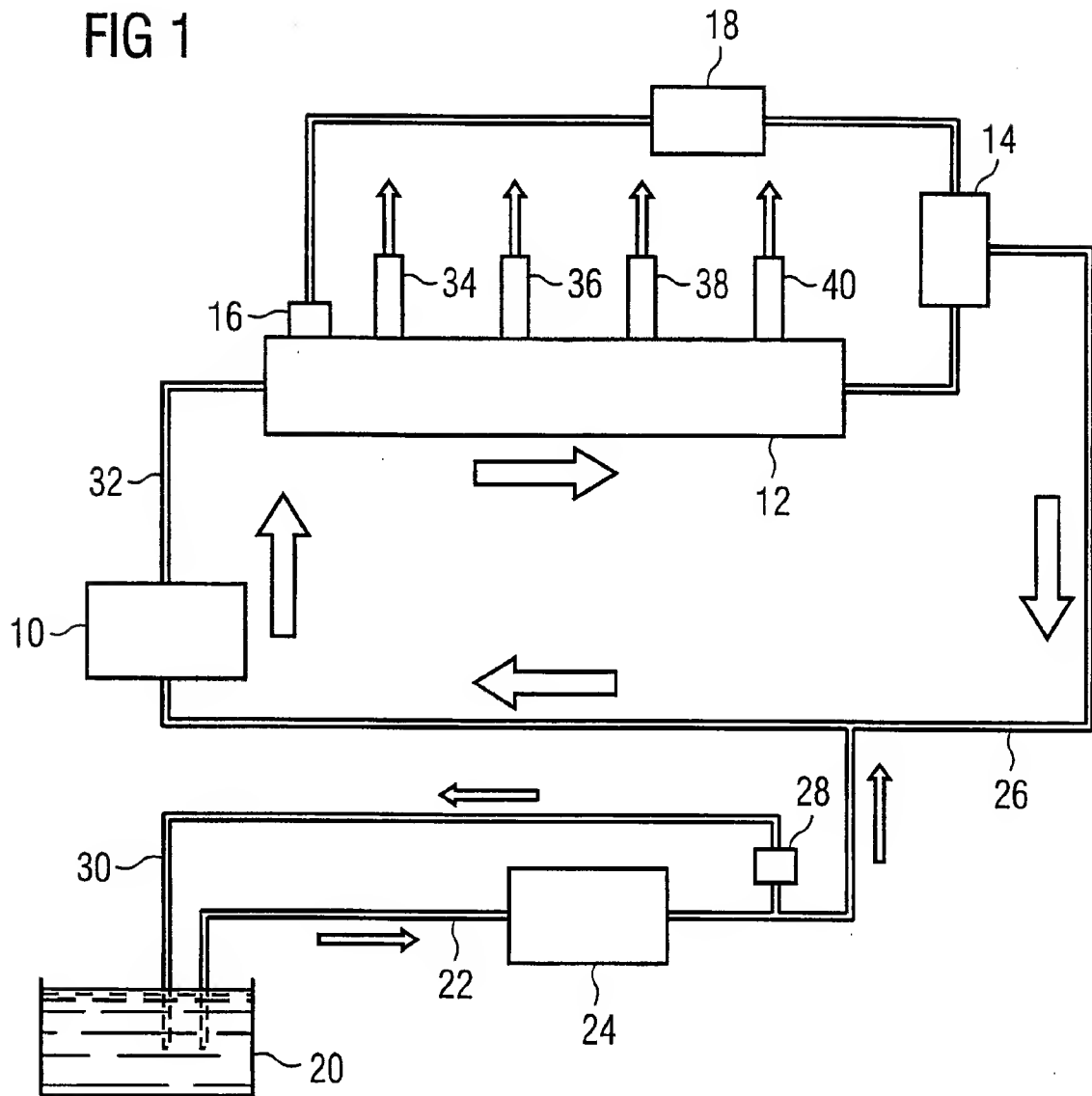




FIG 2

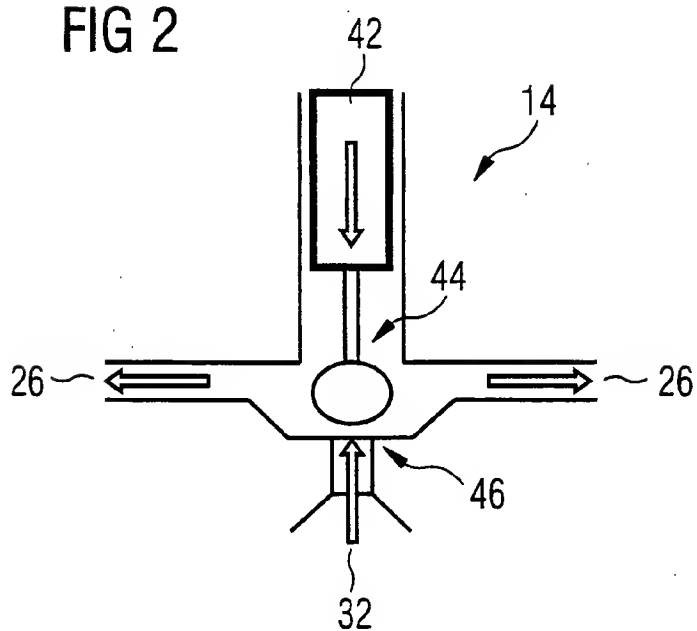


FIG 3

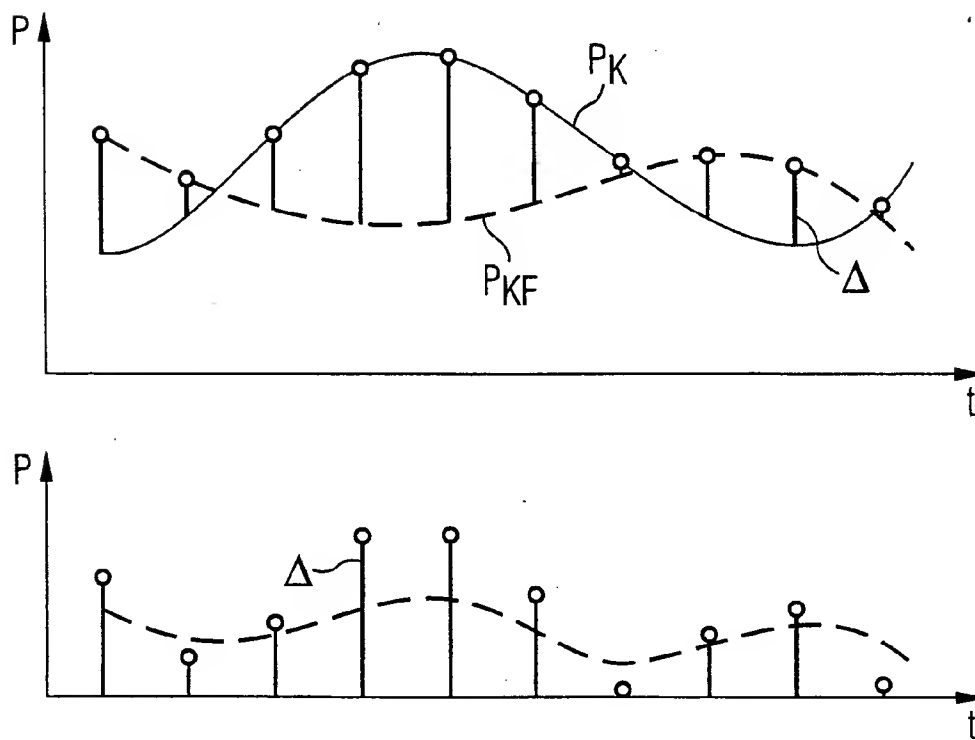


FIG 4

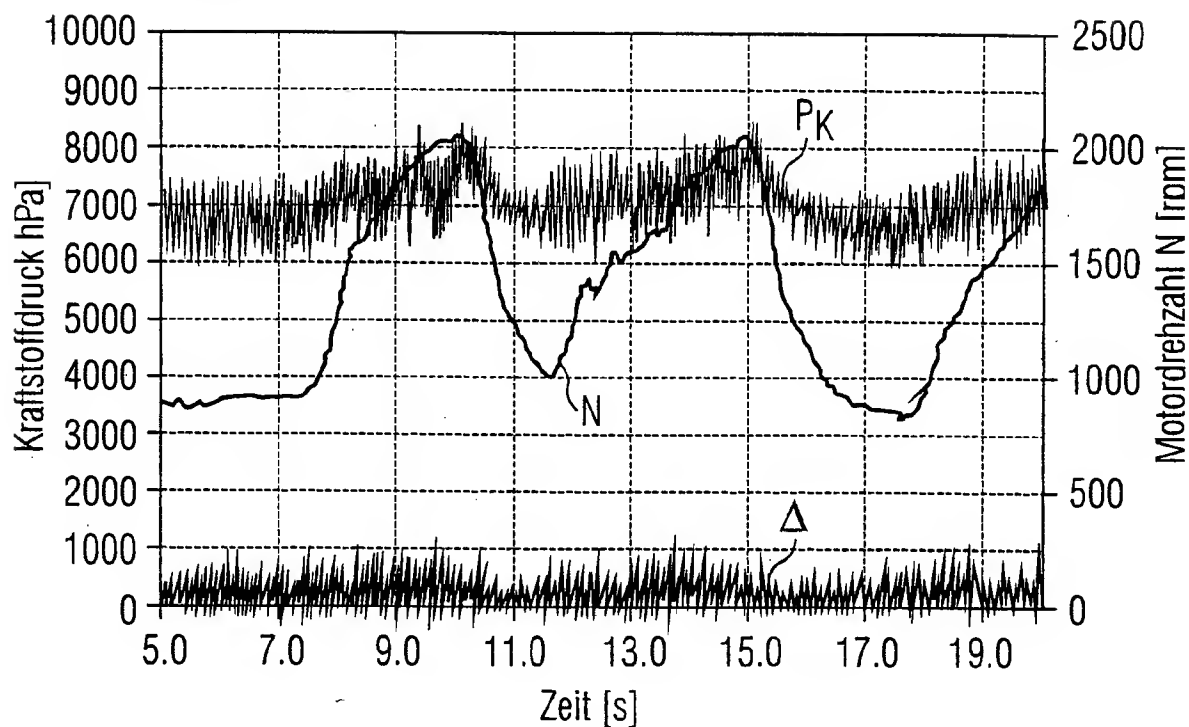


FIG 5

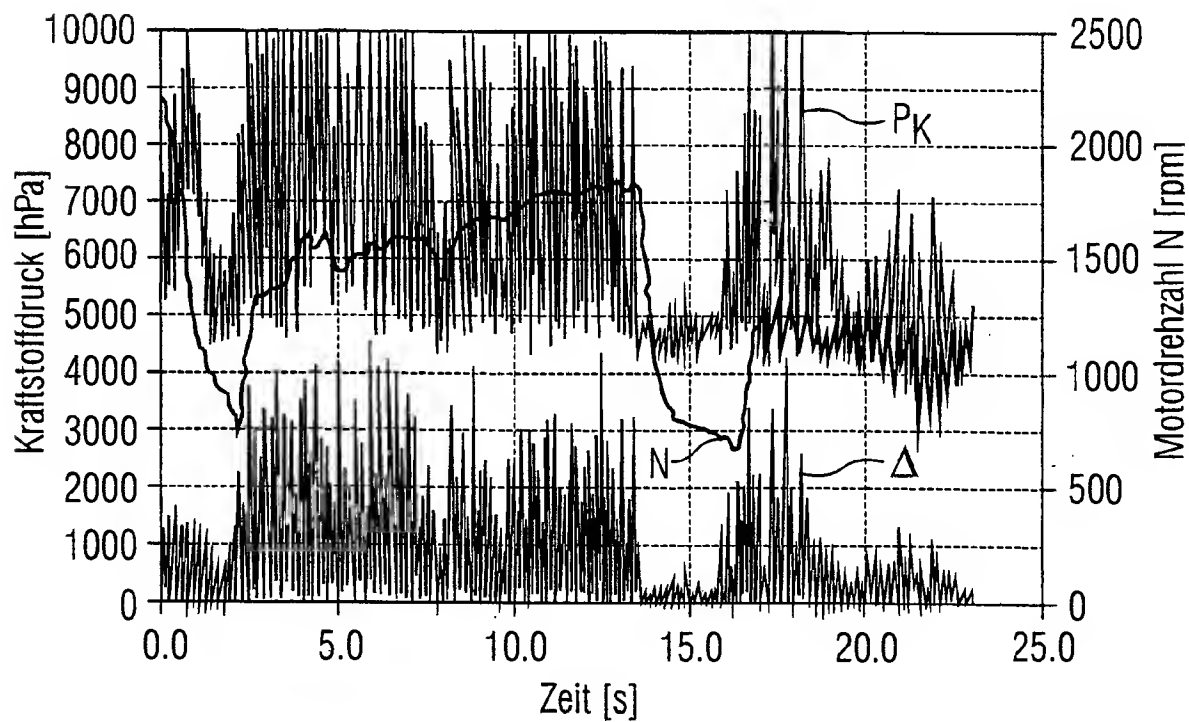


FIG 6

